

Pumpen  
JAP20 Rec'd PCT/PTO 21 DEC 2005

Die Erfindung betrifft eine Pumpe, wie beispielsweise eine Flügelzellenpumpe oder Rollenzellenpumpe, insbesondere Getriebepumpe, mit doppelhubiger Förderkontur, wobei die Förderkontur mindestens einen Anstiegsbereich, mindestens einen Großkreisbereich, mindestens einen Abstiegsbereich und mindestens einen Kleinkreisbereich aufweist und die Pumpe innerhalb der Förderkontur einen Rotor mit radial verschieblichen Flügeln oder Rollen in radialen Rotorschlitzen aufweist.

- 10 Derartige Pumpen sind bekannt. Das Problem dabei ist, dass Getriebepumpen mit verschäumtem Getriebeöl arbeiten. Durch die unterschiedlichen Verschäumungsgrade ergeben sich stark unterschiedliche Öl elastizitäten. Ist viel ungelöste Luft im Öl enthalten, ist das Öl sehr weich. Damit dauert der Druckausgleichsvorgang bei konstanter Umsteuergeometrie länger als bei hartem, unverschäumten Öl, und es werden längere Drehwinkel für den Druck-umsteuervorgang benötigt, um auf die starke Elastizitätsstreuung zu reagieren. Diese Drehwinkel werden letztlich durch den Großkreisbereich geschaffen, dessen Winkel nur geringfügig größer ist als die Flügelteilung. In diesem Bereich ist das Zellvolumen nahezu konstant (abgesehen vom Fall, das ist eine leichte Verringerung des Flügelhubes radial nach innen in Abhängigkeit des Drehwinkels), und es kann über Druckausgleichskerben oder Zwischenkapazitäten (siehe DE 100 27 990 A1) die Druckumsteuerung weich mit geringen Druckanstiegsgradienten realisiert werden. Für die Anwendung mit verschäumten Getriebeöl sind jedoch diese Maßnahmen nicht ausreichend.
- 25 Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Pumpe zu schaffen, die diese Probleme nicht aufweist.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Pumpe, wie beispielsweise Flügelzellenpumpe oder Rollenzellenpumpe, insbesondere Getriebepumpe, mit einer doppelhubigen Förderkontur, wobei die Förderkontur mindestens einen Anstiegsbereich, mindestens einen Großkreisbereich, mindestens einen Abstiegsbereich und mindestens einen Kleinkreisbereich aufweist und die Pumpe innerhalb der Förderkontur einen Rotor mit radial verschieblichen Flügeln oder Rollen in radialen Rotorschlitzen aufweist und wobei der Winkelbereich des Großkreisbereiches der Förderkontur gegenüber einer Standardpumpe verlängert ist.

Eine erfindungsgemäße Pumpe zeichnet sich dadurch aus, dass bei einer 10-Flügel-Pumpe der Großkreisbereich der Förderkontur um mindestens 10°-15°, vorzugsweise 13° größer ist als die Winkelteilung der Flügelpositionen im Rotor (36°) einer 10-Flügel-Standardpumpe und bei einer 12-Flügel-Pumpe der Großkreisbereich der Förderkontur um mindestens 16°-25°, vorzugsweise 22° größer ist als die Winkelteilung der Flügelpositionen im Rotor (30°) einer 12-Flügel-Standardpumpe. Hierdurch verkürzt sich gegenüber den Standardpumpen der Verdichtungsbereich, und der Bereich, der für den Druckausgleichsvorgang (Druckausgleichskerben oder Zwischenkapazitäten) zur Verfügung steht, verlängert sich vorteilhaft um den entsprechenden Winkel bzw. die entsprechenden Winkel.

Eine weitere erfindungsgemäße Pumpe zeichnet sich dadurch aus, dass die Länge des Saugbereiches gegenüber einer Standardpumpe im Wesentlichen gleich bleibt. Das hat den Vorteil, dass durch den gleich großen Saugbereich bezüglich des Erreichens der Maximaldrehzahl keine Einbußen hingenommen werden müssen.

Bevorzugt wird weiterhin eine Pumpe, bei der im Falle einer 12-Flügel-Pumpe die Wendepunkte der Hubkonturfunktion in Richtung vom Saugbereich zum Druckbereich etwa einen Abstand von  $3,5 \times$  Flügelteilung (Flügelteilung = 30°) und die Wendepunkte in Richtung vom Druckbereich zum Saugbereich etwa einen Abstand von  $2,5 \times$  Flügelteilung aufweisen. Das hat den Vorteil, dass die Wendepunkte optimal etwa in der Mitte der Anstiegs- und Abfallbereiche der Förderkontur zu liegen kommen, was für eine Übergangsfunktion mit nicht zu kleinen Krümmungsradien sorgt, die sich gut schleifen lässt.

Weiterhin wird eine Pumpe bevorzugt, bei welcher im Falle einer 10-Flügel-Pumpe die Wendepunkte der Hubkonturfunktion gegenüber einer 10-Flügel-Standardkontur um ca. 3° in Drehrichtung verschoben sind. Das hat den Vorteil, dass die Überlagerung der kinematischen Volumenstrompulsation von Oberflügel- und Unterflügelpumpe sich gegenseitig optimal ergänzt. Ansonsten besitzen die Wendepunkte einen Abstand von ca.  $2,5 \times$  Flügelteilung (die Flügelteilung bei der 10-Flügel-Pumpe ist 36°).

Die Erfindung wird nun anhand der Figuren beschrieben.

- 3 -

Figur 1 zeigt die Förderkontur einer 10-Flügel-Standardpumpe.

Figur 2 zeigt die Förderkontur einer erfindungsgemäßen 10-Flügel-Pumpe.

5 Figur 3 zeigt die Förderkontur einer erfindungsgemäßen 12-Flügel-Pumpe.

Figur 4 zeigt die Funktion des Hubes einer erfindungsgemäßen 12-Flügel-Förderkontur über dem Drehwinkel.

10 Figur 5 zeigt die Funktion der Ableitung des Hubes nach dem Drehwinkel einer erfindungsgemäßen 12-Flügel-Förderkontur über dem Drehwinkel.

Figur 6 zeigt die Funktion der Ableitung des Zellenvolumens nach dem Drehwinkel, aufgetragen über dem Drehwinkel, einer erfindungsgemäßen  
15 12-Flügel-Förderkontur.

In Figur 1 ist die Förderkontur einer 10-Flügel-Standardpumpe mit den entsprechenden Drehwinkelpunkten schematisch dargestellt. Die Förderkontur 1 ist in der Bildmitte prinzipiell dargestellt und wird nun schematisch anhand der Winkelpunkte erläutert, wobei 20 diese Winkel nicht winkelmäßig exakt dargestellt sind, sondern nur ihre Positionen schematisch erläutert werden. In der Winkelposition 3 beginnt die Förderkonturbeschreibung mit dem Winkel  $0^\circ$ , welcher sich in der Mitte des Kleinkreisbereiches befindet. Der Kleinkreisbereich geht im Winkelpunkt 5, d.h. bei  $15^\circ$ , in den Anstiegsbereich (Kontur wird radial nach außen vergrößert) über, in welchem sich 25 das Hubvolumen zwischen zwei Flügeln vergrößert und damit den Saugbereich bildet. Der Anstiegsbereich hat im Winkelpunkt 7 bei  $45^\circ$  einen Wendepunkt in der Hubkonturfunktion (Radiusänderung als Funktion des Drehwinkels) und endet schließlich bei  $69^\circ$  im Winkelpunkt 9. Die Lage der Wendepunkte der Hubkonturfunktion lässt sich durch die Position der Maxima und der Minima der ersten Ableitung der 30 Hubkonturfunktion über dem Drehwinkel (genau) bestimmen. Vom Winkelpunkt 9, also von  $69^\circ$ , bis zum Winkelpunkt 11, also bis  $111^\circ$ , erstreckt sich der so genannte Großkreisbereich, der allerdings durch den so genannten Fall, d.h. eine leichte Verringerung des Hubes radial nach innen in Abhängigkeit des Drehwinkels, dafür sorgt, dass die Flügelköpfe immer an der Kontur angepresst bleiben. Der Großkreisbereich mit 35 dem Fall kann auch so definiert werden, dass sein Anfang das Maximum der

Hubkonturfunktion bildet und sein Ende gegeben ist, sobald keine Tangentenstetigkeit mehr in der ersten und/oder zweiten Ableitung der Hubkonturfunktion gegeben ist. Vom Punkt 11, also bei  $111^\circ$ , beginnt der eigentliche Abstiegsbereich, welcher bis  $165^\circ$ , also bis zum Winkelpunkt 15 verläuft und somit den Druckbereich der Flügelzellenpumpe darstellt, da sich nun das Hubvolumen verkleinert. Der Abstiegsbereich hat im Winkelpunkt 13, d.h. bei  $135^\circ$ , wiederum einen Wendepunkt in der Hubkonturfunktion. Der Wendepunkt im Punkt 7, d.h. im Anstiegsbereich, und der Wendepunkt im Punkt 13, d.h. im Abstiegsbereich, sind um ca.  $90^\circ$  voneinander beabstandet. Da die 10-Flügel-Pumpe eine Flügelteilung von  $36^\circ$  besitzt, entspricht das dem 2,5-fachen der Flügelteilung. Der Wendepunkt im Abstiegsbereich und der Wendepunkt im nächsten Anstiegsbereich sind also auch um das 2,5-fache der Flügelteilung zueinander beabstandet. Außerdem ist die Lage der Wendepunkte symmetrisch zur Hauptachse der Kontur. Von  $165^\circ$ , d.h. vom Winkelpunkt 15, bis zu  $180^\circ$ , d.h. bis zum Winkelpunkt 17, erstreckt sich wiederum eine Hälfte des nächsten Kleinkreisbereiches. Ab  $180^\circ$  bis  $360^\circ$ , d.h. vom Winkelpunkt 17 bis zurück zum Winkelpunkt 3, wiederholt sich die Förderkontur symmetrisch zur bisher beschriebenen Förderkonturhälfte.

In Figur 2 ist eine erfindungsgemäße Förderkontur für den Einsatz in Getriebepumpen dargestellt, welche einen verlängerten Großkreisbereich aufweist. Die Beschreibung der Förderkontur 1 beginnt wiederum im Winkelpunkt 3, d.h. bei  $0^\circ$  mitten im Kleinkreisbereich. Im Winkelpunkt 5, d.h. bei  $15^\circ$ , beginnt der Anstieg der Förderkontur und endet im Winkelpunkt 9 wiederum bei  $69^\circ$ . Der Wendepunkt der Förderkonturfunktion innerhalb des Anstiegbereiches ist allerdings gegenüber der Figur 1 von  $45$  auf  $47,7^\circ$ , d.h. auf etwa  $48^\circ$  oder um  $3^\circ$  in Drehrichtung versetzt und liegt damit am neuen Winkelpunkt 20. Der Großkreisbereich der neuen Kontur erstreckt sich nun vom Winkelpunkt 9, d.h. von  $69^\circ$ , bis zum Winkelpunkt 22 bei  $118^\circ$ , das bedeutet, dass der Großkreisbereich gegenüber dem Großkreisbereich aus Figur 1 um ca.  $7^\circ$  verlängert ist und diese Verlängerung nun für längere Druckausgleichsvorgänge, um ungelöste Luft im Öl zu komprimieren, zur Verfügung steht. Der Abstiegsbereich der Förderkontur beginnt im Winkelpunkt 22 bei  $118^\circ$  und endet wiederum im Winkelpunkt 15 bei  $165^\circ$ , was bedeutet, dass der Druckbereich nun um die entsprechenden  $7^\circ$  gegenüber dem Druckbereich in Figur 1 verkürzt ist. Wichtig ist, dass die Länge des Saugbereiches vom Winkelpunkt 5 bis zum Winkelpunkt 9 beibehalten wird, was bezüglich des Erreichens der Maximaldrehzahl vorteilhaft ist. Der Wendepunkt 24 im Abstiegsbereich ist bei  $137,7^\circ$ , also etwa bei  $138^\circ$ , gegenüber dem Wendepunkt aus Figur 1 um  $3^\circ$  in Drehrichtung

vorverlegt, was wiederum bedeutet, dass beide Wendepunkte ihren Abstand von 90° oder von 2,5 x der Flügelteilung der 10-Flügel-Pumpe (36°) beibehalten. Bei 180° im Winkel 17 wiederholt sich diese neue, erfindungsgemäße Hubkontur symmetrisch zur oberen Hälfte.

In Figur 3 ist eine erfindungsgemäße Förderkontur einer 12-Flügel-Pumpe dargestellt. Die Beschreibung der Förderkontur 1 beginnt wiederum bei 0 Grad im Winkel 3. Da die 12-Flügel-Pumpe aber eine Flügelteilung von 30° statt 36° aufweist, kann der Kleinkreisbereich, der bei der 10-Flügel-Pumpe 30° betragen hat, um diese 6° auf 24° reduziert werden, wodurch der Anstiegsbereich der Förderkontur nach einem halben Kleinkreisbereich bei 12° im Winkel 30° beginnt. Der Anstiegsbereich der Förderkontur, d.h. der Ansaugbereich, wird wie bei den Konturen aus Figur 1 und Figur 2 mit 54° beibehalten und endet damit bei 66° im Winkel 32, also wiederum 3° früher als bei den 10-Flügel-Pumpen. Durch das Beibehalten des gleich großen Ansaugbereiches gegenüber den Förderkonturen aus Figur 1 und Figur 2 bleibt also die Länge des Saugbereiches bezüglich des Erreichens der Maximaldrehzahl weiterhin vorteilhaft nutzbar. Der Wendepunkt der Hubkonturfunktion im Anstiegsbereich soll vorteilhafterweise in der Mitte des Anstiegsbereiches liegen und wird deswegen im Winkel 34 bei etwa 37,5° angeordnet. Der Großkreisbereich dieser Förderkontur erstreckt sich nun von dem Winkel 32 bei 66° bis zum Winkel 36 bei 118° und ist damit noch einmal gegenüber der Förderkontur aus Figur 2 um 3° bzw. gegenüber der Förderkontur aus Figur 1 um 10° verlängert, was wiederum einen Gewinn für verbesserte Druckausgleichsvorgänge mit verschäumten Getriebeöl darstellt. Der Abstiegsbereich, also der Druckbereich dieser Förderkontur, erstreckt sich vom Winkel 36 bei 118° bis zum Winkel 38 bei 168°, bei welchem die Förderkontur dann wiederum in den nächsten Kleinkreisbereich übergeht. Der Wendepunkt der Hubkonturfunktion im Abstiegsbereich ist beim Winkel 40 mit 141,7° angeordnet und ist damit vom Wendepunkt im Winkel 34 um 104°, das bedeutet um das etwa 3,5fache der Flügelteilung von 30° bei der 12-Flügel-Pumpe, beabstandet. Der Wendepunkt 40 im Abstiegsbereich, also im Druckbereich, ist in Drehrichtung gegenüber dem nächsten Wendepunkt im Winkel 42 um etwa das 2,5 fache der Flügelteilung von 30° beabstandet.

Aufgrund der geringeren Flügelteilung von 30° bei der 12-Flügel-Pumpe beträgt beispielsweise die Differenz der Großkreislänge zur Flügelteilung jetzt 22° gegenüber 6°

- bei der Standard-10-Flügel-Kontur und  $13^\circ$  gegenüber der verbesserten 10-Flügel-Kontur aus Figur 2. Der Verdichtungsbereich kann gegenüber dem verkürzten Verdichtungsbereich aus Figur 2 sogar wiederum um  $3^\circ$  verlängert werden. Die Wendepunkte in den Übergangsfunktionen der Hubkontur haben also einen Faktor x.5 5 der Flügelteilung, was die Grundlage einer guten Überlagerung von Unterflügel- und Oberflügel-Druckpulsation darstellt. Ziel der Erfindung ist, den verfügbaren Winkel im Großkreisbereich so lang wie möglich zu gestalten, da das Geräusch bei verschäumtem Getriebeöl hauptsächlich von den Druckausgleichsvorgängen und nicht von der geometrisch verursachten Volumenstrompulsation dominiert wird.
- 10 Auch bei dieser Kontur ist der Verdichtungsbereich etwas kürzer als der Ansaugbereich, und die Wendepunkte sind als Paar minimal etwas weiter gedreht.

In Figur 4 ist die Hubkonturfunktion der 12-Flügel-Kontur aus Figur 3 mit verlängertem Fall über dem Drehwinkel dargestellt. Im Punkt 50 (entspricht Punkt 30 in Figur 3) beginnt 15 der Konturanstieg, der sich bis zum Punkt 54 fortsetzt. Im Punkt 54 (Punkt 32 in Figur 3) bei etwa  $66^\circ$  beginnt der Großkreisbereich 56. Der Großkreisbereich 56 verringert den Flügelhub konstant mit dem so genannten Fall bis zum Punkt 58 (Punkt 36 in Figur 3), in welchem sich dann der Konturabfall 60 bis zum Punkt 62 (Punkt 38 in Figur 3) erstreckt. Im Punkt 62 beginnt dann der Kleinkreisbereich 64, welcher sich bis zum Punkt 66 20 erstreckt. Danach beginnt wiederum der Konturanstieg in derselben Art, wie ab Punkt 50. Man erkennt in dieser Abwicklungsdarstellung der Hubkontur deutlich, dass der Großkreisbereich 56 entschieden verlängert werden konnte gegenüber dem Kleinkreisbereich 64, welcher hier bei der 12-Flügel-Pumpe sich nun über einen Bereich von  $30^\circ$  minus  $6^\circ$  erstreckt.

25 In Figur 5 ist die Funktion der Ableitung des Flügelhubs nach dem Drehwinkel der Kontur aus Figur 3 über dem Drehwinkel dargestellt. Im Punkt 70 (Punkt 30 in Figur 3) beginnt der Konturanstieg mit zunehmendem Betrag der Ableitung des Flügelhubs nach dem Drehwinkel und hat im Punkt 72 sein Maximum (Punkt 34 in Figur 3), woraufhin der 30 Betrag der Ableitung des Flügelhubs nach dem Drehwinkel bis zum Punkt 74 (Punkt 32 in Figur 3) wieder stetig abnimmt. Im Punkt 74 erfolgt dann der Übergang auf den Großkreisbereich, dessen Ableitung durch den Verlauf der Linie 76 dargestellt ist. Der Großkreisbereich 76 geht im Punkt 78 (Punkt 36 in Figur 3) auf die Übergangsfunktion Richtung Kleinkreis über, welche zunächst mit einem abnehmenden Betrag der Ableitung 35 des Flügelhubs nach dem Drehwinkel, welcher durch den Funktionsverlauf 80 dargestellt

wird, beginnt, bis ab dem Minimum 82 (Punkt 40 in Figur 3) dann der Betrag der Ableitung des Flügelhubs nach dem Drehwinkel, wie durch den Funktionsbereich 84 dargestellt ist, wieder zunimmt. Im Punkt 86 (Punkt 38 in Figur 3) wird dann der Kleinkreisbereich 90 erreicht, welcher sich bis zum Punkt 92 erstreckt. Ab dem Punkt 92 wiederholt sich der Funktionsverlauf wieder wie ab dem Punkt 70. Es ergibt sich hier zwischen dem Maximum 72 und dem Minimum 82 (Wendepunkte der Hubkonturfunktion) ein Abstand vom 3,5fachen der Flügelteilung, während sich vom Minimum 82 bis zum nächsten Maximum 94 ein Abstand von etwa dem 2,5fachen der Flügelteilung ergibt. Dieser Abstand der Wendepunkte der Hubfunktion ist die Grundlage einer guten Überlagerung von Unterflügel- und Oberflügelpulsation, wie schon zuvor beschrieben.

In Figur 6 ist die Ableitung des Zellenvolumens nach dem Drehwinkel der Kontur aus Figur 3 über dem Drehwinkel dargestellt. Eine progressive Zunahme des Zellenvolumens bis zum Punkt 100 und danach eine degressive Zunahme des Zellenvolumens bis zum Punkt 102 kennzeichnen den Ansaugvorgang. Danach wird dann im Großkreisbereich durch den Fall das Volumen geringfügig stetig reduziert, bis dann ab dem Punkt 104 der eigentliche Verdichtungsvorgang mit progressiver Volumenabnahme bis zum Punkt 106 und dann mit degressiver Volumenabnahme bis zum Punkt 108 erfolgt. Danach erfolgt dann bei Durchlaufen des Kleinkreisbereiches wiederum eine Volumenzunahme progressiver Art bis zum Punkt 110, wobei sich der anfangs beschriebene Prozess hier zum zweiten Mal wiederholt. Auch in dieser Funktion der Ableitung des Zellenvolumens nach dem Winkel zeigt sich beispielsweise zwischen den Punkten 100 und 106 wiederum der Abstand der Wendepunkte der Hubkonturfunktion vom 3,5fachen der Flügelteilung und vom Punkt 106 bis zum Punkt 110 vom 2,5fachen der Flügelteilung.

25

Patentansprüche

1. Pumpe, wie beispielsweise Flügelzellenpumpe oder Rollenzellenpumpe, insbesondere Getriebepumpe, mit einer doppelhubigen Förderkontur, wobei die Förderkontur mindestens einen Anstiegsbereich, mindestens einen Großkreisbereich, mindestens einen Abstiegsbereich und mindestens einen Kleinkreisbereich aufweist und die Pumpe innerhalb der Förderkontur einen Rotor mit radial verschieblichen Flügeln oder Rollen in radialen Schlitten aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkelbereich des Großkreisbereiches der Förderkontur, gegenüber einer Standardpumpe verlängert ist, insbesondere, dass bei einer 10-Flügel-Pumpe der Großkreisbereich der Förderkontur mindestens  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$ , vorzugsweise  $13^{\circ}$  größer ist als die Winkelteilung der Flügelpositionen im Rotor ( $36^{\circ}$ ) einer 10-Flügel-Standardpumpe und bei einer 12-Flügel-Pumpe der Großkreisbereich der Förderkontur um mindestens  $16^{\circ}$ - $25^{\circ}$ , vorzugsweise  $22^{\circ}$  größer ist als die Winkelteilung der Flügelpositionen im Rotor ( $30^{\circ}$ ) einer 12-Flügel-Standardpumpe.
2. Pumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge des Saugbereiches gegenüber einer Standardpumpe im Wesentlichen gleich bleibt.
3. Pumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei der 12-Flügel-Pumpe die Wendepunkte der Hubkonturfunktion in Richtung vom Saugbereich zum Druckbereich etwa einen Abstand von  $3,5 \times$  Flügelteilung (Flügelteilung =  $30^{\circ}$ ) und die Wendepunkte der Hubkonturfunktion in Richtung vom Druckbereich zum Saugbereich etwa einen Abstand von  $2,5 \times$  Flügelteilung aufweisen.
4. Pumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei der 10-Flügel-Pumpe die Wendepunkte der Hubkonturfunktion gegenüber einer 10-Flügel-Standardförderkontur um ca.  $3^{\circ}$  in Drehrichtung verschoben sind.